

MACIEJ BILEK, STANISŁAW SOSNOWSKI, ROBERT TOMUSIAK, JAROSŁAW OKTABA, PAWEŁ STANISZEWSKI

## Zmienność dobowej wydajności i wybranych parametrów fizycznych soku brzożowego

Variability of daily productivity and selected physical parameters of birch sap

### ABSTRACT

Bilek M., Sosnowski S., Tomusiak R., Oktaba J., Staniszewski P. 2019. Zmienność dobowej wydajności i wybranych parametrów fizycznych soku brzożowego. Sylwan 163 (6): 443-451. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2018165>.

The increasing social demand for food products collecting from the forests has been observed currently. It should be assumed that one of the more and more important non-wood forest products in Poland is silver birch sap. Research in this area should concern not only the proper methods of its collection and yield, but also the rules of selecting forest stands and trees for its collection, as well in the context of protection of forest ecosystems, especially the quality of the obtained product and the safety of its consumption. The aim of this study was to examine the influence of air temperature on the daily volume of collected birch sap, determine the dependence of the volume of sap obtained on the selected physical parameters of the sap, as well as determine if there are changes in the values of the parameters tested as a function of time. It was not proved that the volume of the daily sap leak is related to the parameter of the refractive value, dry matter and electrolytical conductivity. It was found that the volume of the sap obtained is not significantly affected by the temperature on the day of the collection nor at the night immediately preceding the leak, while the relation between the intensity of the leak and thermal conditions several tens of hours earlier was indicated. Moreover, it was not shown that there was an optimal, determinable term in which birch sap is characterized by the most favorable parameters in terms of suitability for the production of birch syrup. It was also found that in the case of commercial birch sap harvesting on large scale, it is advisable to harvest and combine the sap from as many trees as possible. The necessity of further studies on the food and industrial usefulness of birch sap, including geographical, habitat and age variability of birch stands was underlined as well.

### KEY WORDS

non-wood forest products, birch sap, birch syrup, physical properties

### ADDRESSES

Maciej Bilek <sup>(1)</sup> – e-mail: mbilek@ur.edu.pl

Stanisław Sosnowski <sup>(1)</sup> – e-mail: ssos@ur.edu.pl

Robert Tomusiak <sup>(2)</sup> – e-mail: rtomusiak@wl.sggw.pl

Jarosław Oktaba <sup>(3)</sup> – e-mail: oktaba@wl.sggw.pl

Paweł Staniszewski <sup>(3)</sup> – e-mail: pawel.staniszewski@wl.sggw.pl

<sup>(1)</sup> Katedra Inżynierii Produkcji Rolno-Spożywczej, Uniwersytet Rzeszowski; ul. Zelwerowicza 4, 36-004 Rzeszów

<sup>(2)</sup> Samodzielna Pracownia Dendrometrii i Nauki o Produkcyjności Lasu, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

<sup>(3)</sup> Katedra Użytkowania Lasu, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

## Wstęp

Poszukiwanie dodatkowych (pozadrzewnych) źródeł dochodu gospodarki leśnej jest jednym z priorytetów wymienianych przez Unię Europejską w Nowej Strategii Leśnej [Komunikat... 2013], jak również działaniem wskazywanym przez społeczne systemy certyfikacji zrównoważonej gospodarki leśnej, takie jak PEFC [Zrównoważona... 2012]. Korzystanie z leśnych surowców i produktów niedrzewnych (niedrzewne użytkowanie lasu) nabiera zatem w ostatnich latach szczególnego znaczenia. Realizowanie tej działalności, przybierającej najczęściej formę spontanicznego zbieractwa, odbywa się przede wszystkim poza gospodarką leśną. Stoi to w sprzeczności zarówno z celami strategicznymi leśnictwa, jak i z zainteresowaniem społecznym, wyrażonym popytem na produkty wytworzone z niedrzewnych pożytków leśnych, których zasady użytkowania muszą spełniać warunki trwałej i zrównoważonej gospodarki leśnej i które nie mogą być pozyskiwane w oderwaniu od niej. Jednym z takich surowców, którego popularność wśród konsumentów stale się zwiększa, jest sok brzożowy. W warunkach polskich może on być pozyskiwany przede wszystkim z brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth.) [Staniszewski i in. 2016].

Rynek butelkowanych soków drzewnych poszerza się zarówno o nowe produkty, jak i nowych producentów [Godyla 2015]. Wzrasta także zainteresowanie innymi przetworami soku brzożowego, jak np. napoje fermentowane [Stawarczyk 2015], a szczególnie syrop brzożowy – ekskluzywny i żywieniowo bardzo wartościowy dodatek smakowy do wielu potraw. Jego wykorzystanie w technologiach gastronomicznych ograniczone jest jednak niewielką skalą produkcji, zawężoną zaledwie do Finlandii, Kanady i Stanów Zjednoczonych (Alaska) [Cameron 2001].

Pod kątem przydatności soku brzożowego do celów konsumpcyjnych, a także do produkcji syropu brzożowego badano w ostatnich latach rodzimy surowiec [Bilek i in. 2015, 2016c]. Badania potwierdziły wysoki stopień bezpieczeństwa zdrowotnego polskiego soku brzożowego [Bilek i in. 2016a, 2017a, c] oraz jego obiecujące walory żywieniowe i prozdrowotne [Bilek i in. 2016b, d].

Sok brzożowy oferowany przez polski przemysł spożywczy pochodzi głównie z importu, przede wszystkim z Ukrainy i Białorusi. Masowy pobór rodzimego surowca nadal nie jest praktykowany. Tymczasem brzoza brodawkowata to gatunek cechujący się najwyższym w Polsce spośród drzew liściastych odsetkiem udziału powierzchniowego w lasach prywatnych, wynoszącym ponad 9,5%. W lasach PGL LP udział procentowy brzozy wynosi blisko 7% i jest to drugi (po dębem) udział powierzchniowy wśród drzew liściastych. Ogółem udział powierzchniowy brzozy we wszystkich formach własności polskich lasów sięga blisko 7,5% [Raport... 2017], stanowiąc pokaźną i jednocześnie niewykorzystywaną bazę surowcową dla pozyskiwania soku brzożowego.

Zasady poboru rodzimego soku brzożowego, z uwzględnieniem metody nawiercania pnia drzewa, zostały omówione przez Paschalis-Jakubowicza [2009] oraz Staniszewskiego [2011a, b]. Czas poboru soku określono na 2-3 tygodnie. Brakuje jednak informacji o ilości pozyskiwanego soku brzożowego i o ewentualnym wpływie warunków termicznych poboru soku na jego dobową objętość. Nie określono, czy w okresie 2-3-tygodniowego poboru istnieje czas, w którym sok cechuje się najkorzystniejszymi walorami z punktu widzenia wytwarzania syropu brzożowego. Nie zbadano, jak zróżnicowana jest w czasie dobową objętość pozyskiwanego soku, a równocześnie czy może ona wpływać na parametry fizyczne soku brzożowego, decydując o jego przy-

datności do przetwórstwa. Tymczasem znajomość tych zależności jest decydująca przy określaniu optymalnych procedur poboru soku brzozonego na cele przemysłu spożywczego.

Celem niniejszej pracy było zbadanie wpływu temperatury powietrza na dobową wydajność soku brzozonego, ustalenie zależności objętości uzyskanego soku od wybranych parametrów fizycznych pobieranego surowca, jak również określenie, czy w funkcji czasu występują zmiany w wartościach badanych parametrów.

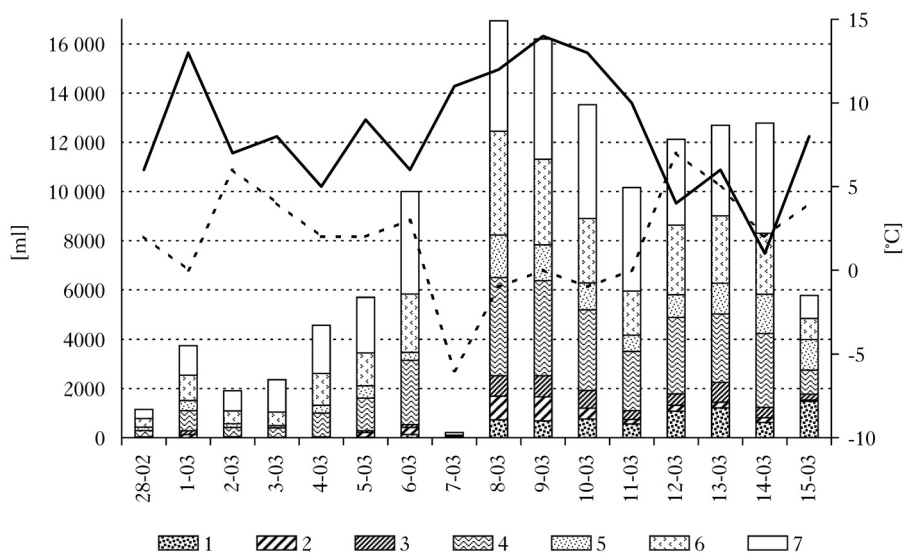
## Materiał i metody

Sok brzozowy był pobierany od 28 lutego do 15 marca 2015 roku w miejscowości Niwiska na Płaskowyżu Kolbuszowskim, położonej na terenie Mielecko-Głogowsko-Kolbuszowskiego Obszaru Chronionego Krajobrazu. Według badań Lachowicza i in. [2018a, b] brzozy z tego regionu charakteryzują się przeciętnymi w Polsce fizykomechanicznymi właściwościami drewna. W około 50-letnim drzewostanie losowo wybrano 7 drzew brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth.), o pierśnicy od 25 do 30 cm. Pobór przeprowadzono zgodnie z zaleceniami Paschalis-Jakubowicza [2009], w sposób ciągły, przy czym jednokrotnie w ciągu doby, po przeprowadzeniu pomiaru objętości soku zebranego przez 24 godziny, zmieniano naczynie, do którego sok był zbierany. Prowadzono pomiary parametrów fizycznych soku każdego z drzew, tj. odczynu i przewodności elektrolitycznej za pomocą miernika wieloparametrowego Hanna Instrument 9811-5 oraz współczynnika refrakcji za pomocą refraktometru cyfrowego Hanna Instrument 96801. Pomiar suchej masy prowadzono za pomocą wagosuszarki RadWag w stałym programie temperaturowym 90°C, w celu zapobieżenia rozkładowi termicznemu fruktozy. Wszystkie pomiary instrumentalne wykonywano w dwóch powtórzeniach. Temperaturę powietrza o północy i w południe prowadzono za pomocą cyfrowego termometru ThermaQ.

Wpływ temperatury powietrza na dobową wydajność (objętość) soku brzozonego określono na podstawie współczynnika korelacji Pearsona, którego istotność statystyczną w populacji rozpatrywano przy poziomie istotności 0,05. Tę samą miarę wykorzystano do zbadania zależności między dobową wydajnością wypływającego soku a jego parametrami fizycznymi (odczyn, sucha masa, refrakcja, przewodność elektrolityczna). Porównując przeciętne wielkości badanych cech (objętość, odczyn, sucha masa, refrakcja, przewodność elektrolityczna) w kolejnych dniach pozyskania, zastosowano test Kruskala-Wallisa, w którym hipoteza zerowa zakłada równość median (brak normalności rozkładów w obrębie każdej grupy uniemożliwił zastosowanie analizy wariancji porównującej wielkość średnich arytmetycznych). Analizy statystyczne wykonano w pakiecie Statistica v.13 (Dell Inc.).

## Wyniki

Zaobserwowano wpływ temperatury powietrza na wielkość dobowej objętości pozyskiwanego soku. W pierwszym dniu poboru, 28 lutego, obserwowano wyciek soku ze wszystkich badanych drzew, z wyjątkiem drzewa nr 1, u którego proces ten rozpoczął się dopiero szóstego dnia badań. Średnia objętość soku pozyskanego z sześciu drzew wyniosła 192 ml. W drugim dniu objętość ta wyniosła już 623 ml. W nocy zarejestrowano spadek temperatury do 0°C, czego konsekwencją było również obniżenie dobowej wydajności soku zebranego w dniu kolejnym, do średniej wartości 318 ml. W kolejnych dniach obserwowano stopniowy wzrost dobowej objętości, a siódmego dnia średnia objętość, wyliczona już na podstawie wszystkich siedmiu drzew, wyniosła 1429 ml. Nocny przymrozek, który wystąpił tego dnia, w sposób znaczny zahamował wyciek soku, tak że kolejnego dnia średnia objętość pozyskanego soku wyniosła zaledwie 30 ml (ryc. 1). Następnego dnia zaobserwowano z kolei maksimum wydajności badanych drzew i zebrano średnio



Ryc. 1.

Dobowa objętość soku (drzewa 1-7) pozyskanego w kolejnych dniach badań na tle temperatury powietrza w południe (linia ciągła) i o północy (linia przerywana)

Daily volume of sap (trees 1-7) obtained in the following days of observation in relation to air temperature at noon (solid line) or at midnight (dashed line)

po 2420 ml soku z każdego drzewa. W kolejnych dniach, pomimo dodatnich wartości temperatury w dzień i w nocy, odnotowano tendencję spadkową w objętości pozyskiwanego soku brzożowego. Ostatniego dnia badań, 15 marca, zebrano średnio po 796 ml soku z badanych drzew.

Dla każdego drzewa zbadano zgodność rytmiki wycieku soku brzożowego w kolejnych dniach pozyskania ze średnimi wartościami dla pozostałych drzew. Dla drzew o numerach od 2 do 7 uzyskano istotne statystycznie wielkości współczynnika korelacji ( $p < 0,001$ ), o wartościach z przedziału od 0,816 do 0,989. Drzewo nr 1 odbiegało rytmiką wycieku soku od pozostałych drzew, korelacja okazała się nieistotna statystycznie ( $r = 0,375$ ;  $p = 0,256$ ). Z tego względu w dalszej części badań wykorzystano średnie dobowe wycieku soku dla drzew o numerach 2-7, charakteryzujących się taką samą reakcją na warunki środowiska.

Nie stwierdzono istotnego statystycznie związku między średnią ilością soku z drzew 2-7 a temperaturą powietrza w dniu pomiaru, zarówno o północy, jak i w południe. Związek pomiędzy średnią objętością wyciekającego soku brzożowego z drzew 2-7 a temperaturą powietrza okazał się istotny statystycznie dla kilku zmiennych charakteryzujących temperaturę powietrza w okresie poprzedzającym dzień pozyskania. Korelację dodatnią stwierdzono dla następujących cech:

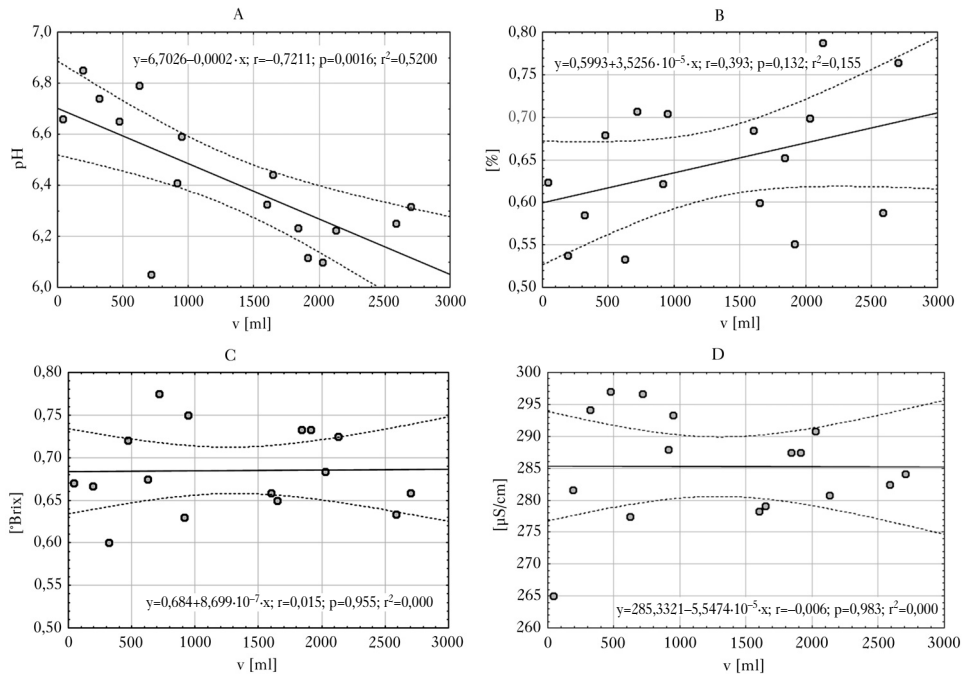
- różnica między temperaturą powietrza o północy i w południe w dniu poprzedzającym wyciek soku ( $r = 0,615$ ),
- różnica między temperaturą powietrza w południe w dwóch dniach poprzedzających pozyskanie soku ( $r = 0,602$ ),
- średnia temperatura powietrza o północy w dniu pozyskania i w południe dnia poprzedzającego pozyskanie ( $r = 0,595$ ),
- temperatura powietrza w południe w dniu poprzedzającym pozyskanie ( $r = 0,572$ ),
- średnia temperatura o północy i w południe w dniu pozyskania oraz w południe w dniu poprzedzającym pozyskanie ( $r = 0,561$ ),

- różnica między temperaturą powietrza o północy w dniu pozyskania i o północy w dniu poprzedzającym pozyskanie.

Korelację ujemną między objętością pozyskiwanego soku a zmiennymi charakteryzującymi temperaturę powietrza stwierdzono dla następujących cech:

- średnia temperatura powietrza o północy i w południe w dniu poprzedzającym pozyskanie oraz o północy w drugim dniu przed dniem pozyskania ( $r=-0,660$ ),
- średnia temperatura powietrza o północy w trzech kolejnych dniach poprzedzających pozyskanie ( $r=-0,626$ ),
- średnia temperatura o północy w dwóch kolejnych dniach poprzedzających pozyskanie ( $r=-0,564$ ).

Realizacja kolejnego celu pracy obejmowała poszukiwanie zależności między uśrednionymi wartościami badanych cech (odczyn, sucha masa, refrakcja, przewodność elektrolityczna) a średnią dobową wydajnością (objętością) soku uzyskanego z drzew o numerach 2-7 w kolejnych dniach pozyskania (ryc. 2). Największą siłę związku stwierdzono pomiędzy objętością wydzielanego soku a odczynem pH ( $r=-0,721$ ;  $p=0,002$ ). Większa ilość wydzielanego soku w danym dniu wiąże się z niższą wartością odczynu. Stosunkowo wysoką wartość współczynnika korelacji uzyskano dla związku między objętością a suchą masą ( $r=0,393$ ), przy czym przy tej wielkości próby korelacja nie okazała się istotna statystycznie ( $p=0,132$ ). Nie stwierdzono również istotnego związku między objętością a refrakcją ( $r=0,015$ ;  $p=0,955$ ) oraz przewodnością elektrolityczną ( $r=-0,006$ ;  $p=0,983$ ).



Ryc. 2.

Związek średniej dobowej objętości soku ( $v$ ) z jego parametrami fizycznymi

Relationship between daily sap volume ( $v$ ) and its physical parameters

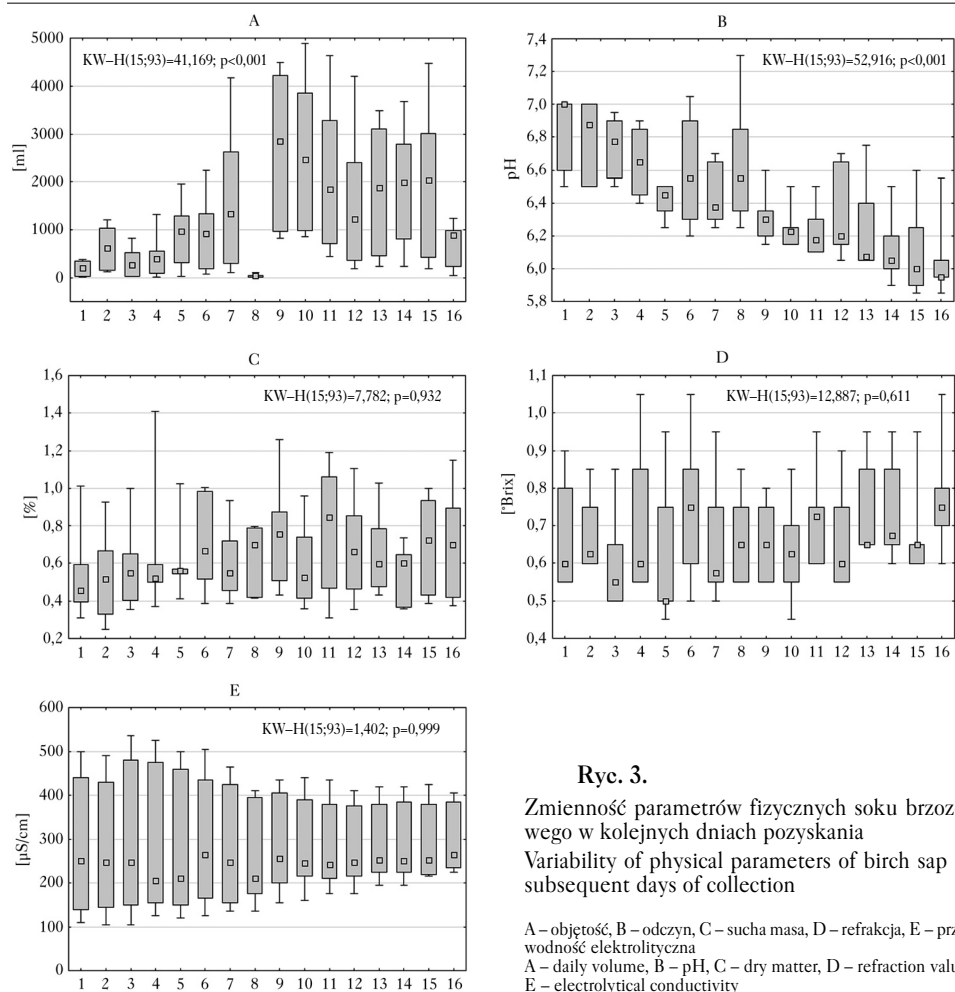
A – odczyn, B – sucha masa, C – refrakcja, D – przewodność elektrolityczna

A – reaction, B – dry matter, C – refraction value, D – electrolyte conductivity

Analizując zmiany wartości badanych parametrów (objętość, odczyn, sucha masa, refrakcja, przewodność elektrolityczna) w funkcji czasu za pomocą testu Kruskala-Wallisa, porównano wielkość median w kolejnych dniach pozyskania soku dla jego pięciu parametrów fizycznych (ryc. 3). Wykazano istotne różnice w przypadku objętości i odczynu pH ( $p < 0,001$ ). W przypadku pozostałych badanych parametrów nie stwierdzono istotnych różnic.

## Dyskusja

Dobowa objętość pozyskiwanego soku brzożowego jest cechą o dużym zróżnicowaniu, zarówno pomiędzy drzewami, jak i w poszczególnych dniach poboru. Świadczą o tym wartości współczynnika zmienności z przedziału od 61,9 (drzewo nr 1) do 124,1% (drzewo nr 2). W bieżącej pracy zaobserwowano, że na ilość pozyskiwanego soku nie ma istotnego wpływu temperatura w dniu rejestrowanego wycieku ani w nocy bezpośrednio poprzedzającej wyciek, przy czym wyjątkiem od tej reguły było niemal całkowite zahamowanie płynięcia soku brzożowego wszystkich drzew po nocnym przymrozku. Uzyskane wyniki pozwalają zatem na sformułowanie hipotezy, że wyciek soku brzożowego nie jest bezpośrednią reakcją na aktualną temperaturę powietrza. Należy zakładać, że procesy odpowiedzialne za wyciek soku brzożowego w danym dniu kształtowane



**Ryc. 3.**

Zmienność parametrów fizycznych soku brzożowego w kolejnych dniach pozyskania  
Variability of physical parameters of birch sap in subsequent days of collection

A – objętość, B – odczyn, C – sucha masa, D – refrakcja, E – przewodność elektrolityczna  
A – daily volume, B – pH, C – dry matter, D – refraction value, E – electrolytical conductivity

są warunkami termicznymi, jakie występują do kilkudziesięciu godzin wcześniej. Stwierdzono ponadto istotny statystycznie związek między średnią dzienną objętością wydzielanego soku brzozonego a jego odczynem. Im większy wyciek, tym niższa wartość pH. Z kolei w przypadku pozostałych badanych cech (sucha masa, refrakcja, przewodność elektrolityczna) związek z objętością nie okazał się istotny statystycznie. Można więc przyjąć, że bez względu na objętość wydzielanego soku średni poziom refrakcji, suchej masy oraz przewodności elektrolitycznej kształtuje się na zbliżonym średnim poziomie.

Pośród badanych w niniejszej pracy parametrów fizycznych najszerzy aspekt praktyczny mają parametry suchej masy oraz współczynnika refrakcji. Są one uważane za prosty wyznacznik zawartości cukrów w soku brzożowym i stosowane są powszechnie do oceny przydatności tego surowca do produkcji syropu brzożowego [Kok i in. 1978; Kallio i in. 1989; Cameron 2001]. Ekonomiczna opłacalność produkcji syropu z polskiego soku brzożowego została wykazana przy zastosowaniu techniki chromatograficznej [Bilek i in. 2016c], przy czym pomiary prowadzono wyłącznie na próbkach pobranych w ciągu jednego dnia. Postulowano także możliwość wprowadzenia produkcji syropu brzożowego jako nowego polskiego produktu regionalnego [Bilek i in. 2015]. Niniejsze badania, w których przez 16 dni monitorowano parametr suchej masy i refrakcji, wskazują, że sok brzożowy jest stabilnym surowcem do produkcji syropu brzożowego. Zróżnicowanie w czasie, a także zróżnicowanie pomiędzy poszczególnymi drzewami współczynnika refrakcji oraz suchej masy jest znacznie mniejsze niż w przypadku zawartości składników mineralnych czy anionów nieorganicznych. W tych przypadkach różnice zarówno pomiędzy kolejnymi dniami pomiarów, jak i pomiędzy cechami soku sąsiadujących ze sobą drzew są nierzadko kilkunastokrotnie [Bilek i in. 2016b, e, 2017b], podczas gdy w przypadku refrakcji i suchej masy są one znacznie mniejsze (ryc. 3). Co istotne, w przebiegu parametrów refrakcji i suchej masy w czasie nie zaobserwowano wyraźnych, uogólnionych dla wszystkich badanych drzew tendencji spadkowych czy wzrostowych. Wyniki te wskazują zatem, że nie istnieje optymalny, możliwy do wyznaczenia termin, w którym sok brzożowy cechuje się najkorzystniejszymi parametrami pod względem przydatności do produkcji syropu brzożowego. Nie wykazano także, aby dobową objętość pozyskiwanego soku przekładała się na parametr współczynnika refrakcji i suchej masy. Nie istnieje zatem potrzeba wprowadzania do zaleceń opracowania Paschalis-Jakubowicza [2009] dodatkowych zapisów, wskazujących na zależność momentu poboru od przydatności soku do przetwórstwa na syrop brzożowy.

W kontekście sygnalizowanych we wstępie możliwości wniesienia uzupełnień do procedur określonych przez Paschalis-Jakubowicza [2009] należy zaznaczyć, że dni następujące po przymrozkach charakteryzują się znacznym ograniczeniem wycieku i z tego powodu mogą zostać wykluczone z prowadzenia poboru soku brzożowego. Ograniczenie to nie ma jednak istotnego znaczenia przy poborze na skalę masową, prowadzonym w sposób ciągły. Z kolei wyraźne zróżnicowanie badanych parametrów w czasie oraz pomiędzy badanymi drzewami wskazuje na konieczność prowadzenia poboru i łączenia soku brzożowego z jak największej liczby drzew, w celu uśrednienia tych różnic. Takie postępowanie zagwarantuje przemysłowi spożywczemu stabilny surowiec o możliwie najbardziej powtarzalnych cechach. Potwierdzić należy także postulowaną przez Paschalis-Jakubowicza [2009] i Staniszewskiego [2011a, b] możliwość 2-3 tygodniowego zbioru surowca.

Niezależnie od badania parametrów fizycznych soku brzożowego oraz jego składu chemicznego konieczne jest – w obliczu wzrastającego zapotrzebowania na ten surowiec – ustalenie zasad udostępniania w tym celu drzew i drzewostanów [Staniszewski i in. 2018]. Te uwarunkowania oraz wyniki uzyskane w niniejszej pracy mogą mieć ścisłe przełożenie na zalecenia dotyczące

poboru soku brzożowego, które powinny być zawarte w opracowywanych „Zasadach użytkowania lasu”.

## Wnioski

- ✦ Na podstawie monitorowania przez 16 kolejnych dni parametru suchej masy i refrakcji można stwierdzić, że sok brzożowy jest stabilnym surowcem do produkcji syropu brzożowego.
- ✦ Stwierdzono, że na objętość pozyskanego soku nie ma istotnego wpływu temperatura w dniu wycieku ani w nocy bezpośrednio poprzedzającej wyciek, natomiast wskazano na związek intensywności wycieku z warunkami termicznymi, jakie występują do kilkudziesięciu godzin wcześniej.
- ✦ Nie wykazano, aby wielkość dobowego wycieku soku przekładała się na parametr współczynnika refrakcji, suchej masy i przewodności elektrolitycznej.
- ✦ Nie wykazano, aby istniał optymalny, możliwy do wyznaczenia termin, w którym sok brzożowy cechuje się najkorzystniejszymi parametrami pod względem przydatności do produkcji syropu brzożowego.
- ✦ W przypadku poboru soku brzożowego na skalę przemysłową wskazane jest pozyskiwanie i łączenie soku z jak największej liczby drzew.
- ✦ Stwierdzono zasadność prowadzenia dalszych badań przydatności spożywczej i przemysłowej soku brzożowego, uwzględniających m.in. zmienność geograficzną, siedliskową i wiekową drzewostanów brzożowych.

## Literatura

- Bilek M., Kuźniar P., Cieślak E. 2016a. Kadm w pitnym soku brzożowym z terenu rolniczego. *Medycyna Środowiskowa* 19 (3): 31-35.
- Bilek M., Kuźniar P., Stawarczyk K., Cieślak E. 2016b. Zawartość manganu w sokach drzewnych z terenu Podkarpacia. *Postępy Fitoterapii* 17 (4): 255-261.
- Bilek M., Olszewski M., Gostkowski M., Cieślak E. 2016c. The usefulness of birch saps from the area of Podkarpacie to produce birch syrup. *Biotechnology and Food Science* 80 (1): 11-18.
- Bilek M., Sadowska-Rociek A., Stawarczyk K., Stawarczyk M., Cieślak E. 2017a. Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne i pozostałości środków ochrony roślin w sokach brzożowych z terenu rolniczego. *Medycyna Środowiskowa* 20 (1): 17-26.
- Bilek M., Stawarczyk K., Gostkowski M., Olszewski M., Kędziora K. M., Cieślak E. 2016d. Mineral content of tree sap from the Subcarpathian region. *Journal of Elementology* 21 (3): 669-679.
- Bilek M., Stawarczyk K., Kuźniar P., Olszewski M., Kędziora K. M., Cieślak E. 2016e. Evaluation of the content of inorganic anions in tree saps. *Journal of Elementology* 21 (4): 1277-1288.
- Bilek M., Stawarczyk K., Siembida A., Strzemski M., Olszewski M., Cieślak E. 2015. Zawartość cukrów w sokach drzewnych z terenu Podkarpacia. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 103 (6): 53-63.
- Bilek M., Szwerce W., Kocjan R. 2017c. Zawartość metali ciężkich (Pb, Cd, Cr, Ni) jako potencjalny czynnik ograniczający możliwość wykorzystania soku brzożowego. *Postępy Fitoterapii* 18 (3): 183-189.
- Bilek M., Szwerce W., Kuźniar P., Stawarczyk K., Kocjan R. 2017b. Time-related variability of the mineral content in birch tree sap. *Journal of Elementology* 22 (2): 497-515.
- Cameron M. 2001. Establishing an Alaskan birch syrup industry: Birch syrup – it's the un-maple. W: Davidson-Hunt I., Duchesne L. C., Zasada J. C. [red.]. *Forest communities in the third millennium: linking research, business, and policy toward a sustainable non-timber forest product sector*, proceedings of the meeting. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Kenora. 135-139.
- Godyla S. 2015. Postawy konsumentów wobec soku z brzozy. *Think* 20 (4): 7-16.
- Kallio H., Teerinen T., Ahtonen S., Suihko M., Linko R. R. 1989. Composition and properties of birch syrup (*Betula pubescens*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 37 (1): 51-54.
- Kok R., Norris E. R., Beveridge T. 1978. Production and properties of birch syrup (*Betula populifolia*). *Canadian Agricultural Engineering* 20 (1): 5-9.
- Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. *Nowa strategia leśna UE na rzecz lasów i sektora leśno-drzewnego*. 2013. Komisja Europejska.



- Lachowicz H., Paschalis-Jakubowicz P., Wojtan R. 2018b. Multivariate Analysis Of The Variability In The Density Of Oven-Dry Wood Of Silver Birch (*Betula pendula* Roth.) in Poland. *Drewno* 61 (201): 39-56.
- Lachowicz H., Sajdak M., Paschalis-Jakubowicz P., Cichy W., Wojtan R., Witezak M. 2018a. The Influence of Location, Tree Age and Forest Habitat Type on Basic Fuel Properties of the Wood of the Silver Birch (*Betula pendula* Roth.) in Poland. *Bio Energy Research* 11 (3): 638-651.
- Paschalis-Jakubowicz P. [red.]. 2009. Certyfikacja gospodarki leśnej w użytkowaniu lasu w Polsce. Sprawozdanie końcowe z tematu badawczego.
- Raport o stanie lasów w Polsce 2016. 2017. CILP, Warszawa.
- Staniszewski P. 2011a. Analiza możliwości implementacji certyfikacji w systemie użytkowania leśnych surowców i produktów nieдрzewnych. I. Założenia metodyczne i przegląd literatury. *Sylwan* 155 (4): 253-260. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2010067>.
- Staniszewski P. 2011b. Analiza możliwości implementacji certyfikacji w systemie użytkowania leśnych surowców i produktów nieдрzewnych. II. Wyniki badań. *Sylwan* 155 (5): 313-321. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylwan.2010068>.
- Staniszewski P. 2013. Uwarunkowania budowy systemu nieдрzewnego użytkowania lasu. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Staniszewski P., Nowacka W. Ł., Gasek A. 2016. Potrzeby i wyzwania edukacji w zakresie nieдрzewnego użytkowania lasu. *Studia i Materiały CEPL* 18 (2): 155-161.
- Staniszewski P., Osiak P., Tomusiak R., Janeczko E., Woznicka M. 2018. Selected aspects of silver birch sap utilisation. Proceedings of the conference: Public recreation and landscape protection – with nature hand in hand! 2-4 may 2018, Křtyny. 320-326.
- Stawarczyk M. 2015. Soki drzewne. *Aptekarz Polski* 102 (3): 17-21.
- Zrównoważona gospodarka leśna – wymagania. 2012. PEFC Polska.